



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 42 24 599 A 1

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
G 02 B 26/08  
G 02 B 7/198

21 Aktenzeichen: P 42 24 599.0  
22 Anmeldetag: 23. 7. 92  
43 Offenlegungstag: 24. 2. 94

DE 42 24 599 A 1

71 Anmelder:

Somatel Sondermaschinenbau Teltow GmbH, 14513  
Teltow, DE

74 Vertreter:

Hansmann, A., Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Vogeser, W.,  
Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 81369 München; Boecker,  
J., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.- u. Rechtsanw., 60313  
Frankfurt; Alber, N., Dipl.-Ing. Univ.  
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Univ; Strych, W., Dr.rer.nat.,  
Pat.-Anwälte, 81369 München

72 Erfinder:

Hantke, Reimar, 81243 München, DE; Kreuter,  
Rüdiger, 64285 Darmstadt, DE; Kirst, Peter, 80686  
München, DE; Bauer, Mathäus, 13355 Berlin, DE

54 Elektrostatische Ablenkeinheit

- 57 Ablenkeinheit mit einem plättchenförmigen schwenkbaren Element, zur gesteuerten Ablenkung von elektromagnetischen Wellen, insbesondere Lichtstrahlen, in mikrominiaturisierter Ausführung angeordnet auf einem ein Grundelement bildenden Substrat, wobei das plättchenförmige schwenkbare Element: an Torsionselementen in bezug auf das Grundelement um eine geometrische Achse schwenkbar gelagert ist, die sich im wesentlichen parallel zum Grundelement erstreckt; mindestens zwei jeweils in radialer Entfernung von der geometrischen Achse an dem Grundelement vorgesehenen Elektroden benachbart ist; ein elektrostatisches Feld zwischen Elektroden und dem schwenkbaren Element den Antrieb für dessen Drehbewegung bildet; an seiner den Elektroden abgewandten Oberfläche drehwinkelabhängig optisch wirksam ist; bei Aufrechterhaltung seiner wesentlichen mechanischen Festigkeit in seiner Masse - und damit in seinem auf die geometrische Achse bezogenen Flächenträgheitsmoment - verringert ist; an seiner den Elektroden zugewandten Oberfläche Ausnehmungen zwischen verbleibenden stegartigen Bereichen vorgesehen sind, welche sich in Richtung der größten Abmessungen des plättchenförmigen Elements erstrecken und/oder das plättchenförmige schwenkbare Element eine Sandwichstruktur aufweist.

DE 42 24 599 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 93 308 068/18

10/47

Die Erfindung betrifft eine Ablenkeinheit der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Art.

Eine Ablenkeinheit der vorgenannten Gattung ist aus der EP 0 040 382 B1 bekannt. Hier ist eine eindimensionale optische Ablenkeinheit beschrieben, bei der ein schwenkbares Element aus einem Plättchen besteht, welches mittels zweier eine Drehachse bildender Torsionsbänder schwenkbar befestigt ist. Die das Plättchen antreibende Kraft wird elektrostatisch mittels zweier unterhalb des schwenkbaren Plättchens angebrachter Elektroden erzeugt. Die bekannte Ablenkeinheit ist durch anisotropes Ätzen aus einkristallinem Silizium erzeugt. Als optisch wirksame Fläche ist bei der bekannten Ablenkeinheit eine Reflexionsschicht vorgesehen, so daß die Beeinflussung eines Lichtstrahls als Ablenkung nach Art eines Spiegelgalvanometers erfolgen kann.

Die bekannte Ablenkeinheit ist für dynamischen Betrieb mittels oszillatorischer Schwingungen bestimmt. Damit ist sie mit der vorgesehenen Antriebsfrequenz betreibbar — abhängig von dieser Frequenz kann eine freie Positionierung jedoch nur mit recht geringer Einstellgeschwindigkeit erfolgen, so daß die bekannte Anordnung relativ träge — und damit ungeeignet ist, wenn vorgegebene Winkelleinstellungen zu bestimmten Zeiten in sehr schneller Folge erreicht werden sollen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer Ablenkeinheit der eingangs genannten Gattung die Positionierung für unterschiedliche Strahlablenkungen in schneller Folge präzise zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Die Erfindung schließt die Erkenntnis ein, daß durch Verringerung des Massenträgheitsmoments bei Aufrechterhaltung der Steifigkeit des an einer seiner Oberflächen optisch wirksamen Plättchens gerade im Bereich der Mikromechanik wesentliche Verbesserungen erzielbar sind, da hier zwar die Wirkung elektrostatischer Kräfte durch Verringerung der maßgeblichen geometrischen Abstände und Körpern mit relativ kleiner Masse von vorn herein wesentlich erhöht ist, so daß ein derartiger Antrieb überhaupt erst praktisch einsetzbar ist. Trotz dieser gegenüber Antrieben normaler Größenordnung insoweit wesentlich veränderten Voraussetzungen, ist es jedoch zusätzlich von besonderer Bedeutung, die beweglichen Massen weiterhin zu verringern, um die notwendigen Positionierungszeiten noch zu verkleinern. Damit lassen sich dann optische Strahlauslenkungen erzielen, die auch bezüglich der dazu notwendigen Zeiten in einen "Mikrobereich" vordringen, so daß Ablenkgeschwindigkeiten mit mechanischen Mitteln erzielbar sind, die bisher rein elektronischen Ablenkmitteln vorbehalten waren.

Dadurch, daß das schwenkbare Element bei Aufrechterhaltung seiner mechanischen Festigkeit in seiner Masse — und damit in seinem auf die geometrische Achse bezogenen Flächenträgheitsmoment — verringert ist, ist auch der für eine Winkelpositionierung aufzubringende Drehimpuls kleiner, wodurch andererseits die Torsionseigenfrequenz vergrößert ist. Wenn an der den Elektroden zugewandten Oberfläche des schwenkbaren Elementes Ausnehmungen zwischen verbleibenden stegartigen Bereichen vorgesehen sind, welche sich in Richtung der größten Abmessungen des plättchenförmigen Elements erstrecken, so bedeutet dies, daß an der der optisch wirksamen Oberfläche gegenüberliegenden Seite des schwenkbaren Plättchens eine Struktur

vorgesehen ist, welche eine Art Versteifungsgerippe der im wesentlichen ebenen optisch wirksamen Fläche bildet, die insgesamt aber nur eine Dicke aufweist, wie sie für ihre Wirksamkeit notwendig ist. Sie kann also auf die Dicke einer Folie im Mikrobereich beschränkt sein. Die Versteifungsstruktur in Form von Stegen nimmt dabei die dynamischen Kräfte auf, welche durch die Beschleunigungen und Verzögerungen des plättchenförmigen Elements hervorgerufen werden, und verhindert dabei eine wesentliche Verformung der optisch wirksamen Oberfläche. Eine derartige Struktur läßt sich durch chemisches Abtragen von Material zwischen den verbleibenden von Seitenkante zu Seitenkante durchgehenden Stegen in Form von Materialabtrag erzielen.

Ein anderer Weg der Versteifung des Plättchens bei gleichzeitiger Masseverringering besteht darin, daß das schwenkbare Element eine Sandwichstruktur aufweist. Dabei schließt an die — ebenfalls auf die Dicke einer Mikrofolie reduzierte — optische wirksame Fläche eine Schicht geringer spezifischer Masse an, die rückseitig wiederum mit einer Schicht versehen ist, die in diesem Fall leitend ausgeführt und — isoliert gegenüber den feststehenden Elektroden — den Belag für den elektrostatischen Antrieb bildet.

Insbesondere vorteilhaft bei der erfindungsgemäßen Lösung ist, daß sich vorbestimmte Positionen des plättchenförmigen schwenkbaren Elements der Ablenkeinheit mittels einer Regelung mit geeigneten Mit- oder Gegenkopplungsmaßnahmen mit hoher Einstellgeschwindigkeit erreichen lassen, da große Beschleunigungs- und Verzögerungswerte erzielbar sind.

Gemäß anderer vorteilhafter Weiterbildungen sind die Materialschwächungen zwischen Stegen vorgesehen, welche eine geometrisch regelmäßige Struktur bilden, welche rechteck-, dreieck- oder rautenförmige Grundelemente aufweisen kann. Auch bei dieser Ausführung kann der elektrostatisch wirksame galvanisch leitende Kondensatorbelag an der den Elektroden zugewandten Seite in Form einer ebenen Folie erzeugt sein, welche zur Festigkeitserhöhung mit den stegartigen Bereichen verbunden — dazwischen aber freitragend ist. Zum anderen kann aber auch die strukturierte Oberfläche mit einer leitenden Schicht versehen sein, die sich dieser Oberfläche anpaßt — also beispielsweise durch Bedampfen oder eine ähnliche Oberflächenbehandlung entstanden ist.

Als Material für die tragende Struktur des schwenkbaren Plättchens kommt Keramik, Glas, Silizium oder sonstiges nichtleitendes Material in Betracht, während die optisch wirksame Oberfläche gegebenenfalls entsprechend den geforderten Eigenschaften zusätzlich bearbeitet wird. So kann hier eine Reflexionsschicht ebenfalls durch Metallbedampfung oder durch das Aufbringen bestimmter optischer Schichten erzeugt werden. Günstig sind hier chemische oder physikalische Oberflächenbeschichtungsverfahren mit Materialübergang im Vakuum.

Dadurch, daß die Torsionselemente als Aufhängung des schwenkbaren Plättchens dessen einzige mechanische Unterstützung bilden, werden die erreichbaren Beschleunigungen und Verzögerungen wegen der entfallenden Reibkräfte im Vergleich zu bekannten Anordnungen weiter vergrößert. Schneidenlagerungen und andere Auflagen können dabei deshalb entfallen, weil mit der verringerten Masse des plättchenförmigen schwenkbaren Elements auch dessen Reaktionskräfte in den Lagerungen verringert sind. Durch eine erfindungsgemäße Ausgestaltung der mechanischen Abmessun-

gen ist eine Beeinflussung der mechanischen Eigenfrequenzen des Elements derart möglich, daß nicht gewünschte Eigenfrequenzen "hinter" die Torsionsfrequenz geschoben werden.

Um das Flächenträgheitsmoment des schwenkbaren Elements weiter zu verringern, werden vorteilhafterweise die Torsionselemente derart vorgesehen, daß sie an diagonalen Ecken des schwenkbaren Elements angreifen. Auf diese Weise bleibt die Größe der optisch wirksamen Fläche trotzdem erhalten.

Bei einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Oberfläche der Elektroden jeweils parallel zur Oberfläche des schwenkbaren Elements in seinen extremen Schwenkstellungen ausgerichtet. Damit ist die gesamte wirksame Oberfläche der Elektroden den entsprechenden Oberflächenbereichen des schwenkbaren Elements bei allen Positionen, die dieses einnehmen kann, und für alle wirksamen Flächenelemente in der Summe optimal dicht benachbart, so daß die Summe der wirksamen elektrostatischen Antriebskräfte maximiert ist. Hierzu sind die Oberflächen der Elektroden — ausgehend von der geometrischen Drehachse des schwenkbaren Elements — in senkrechter Richtung dazu fortschreitend — rampenartig abfallend ausgebildet.

Bevorzugterweise weist das Grundelement einen Rahmen auf, an dem Stabilisierungselemente vorgesehen sind, welche das jeweilige Torsionselement am Rahmen an quer zur Richtung des Schnittpunkts von geometrischer Drehachse des Torsionselements und Rahmen entfernt davon gelegenen Bereichen abstützen. Diese Stabilisierungselemente sind insbesondere gabel- oder dreieckförmig flächig ausgestaltet. Auf diese Weise ist einerseits die geometrische Drehachse des plättchenförmigen Elements in horizontaler Richtung genügend fixiert, während — gegebenenfalls mittels weiterer Elektroden — eine zusätzliche Antriebskomponente in vertikaler Richtung oder eine Schwenkbewegung um eine weitere parallel zur größeren Flächenerstreckung des Plättchens und senkrecht zur ersten geometrischen Drehachse gerichteten Achse erfolgen kann. Dies hängt davon ab, ob die dreieckigen Stabilisierungselemente um eine parallel zum benachbarten Rahmenteil gerichtete Achse gleich- oder gegensinnig geschwenkt werden.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet bzw. werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführung der Erfindung anhand der Figuren näher dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 ein erstes vorteilhaftes Ausführungsbeispiel der Erfindung in Draufsicht,

Fig. 2 das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 im Schnitt sowie

Fig. 3 dasselbe Ausführungsbeispiel in perspektivischer Darstellung bei schräger Draufsicht.

In Fig. 1 ist ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Ablenkeinheit in Draufsicht dargestellt. Innerhalb eines Rahmens 1 ist ein optisch wirksames — beispielsweise reflektierendes — Belagtragendes plättchenförmiges Element 2 schwenkbar gelagert. Es dient zur gesteuerten Ablenkung von elektromagnetischen Wellen, insbesondere Lichtstrahlen, und ist in mikrominiaturisierter Ausführung erzeugt auf einem Grund- oder Trägerelement 3 bildenden Substrat, welches den Rahmen 1 trägt und in Fig. 2 zusammen mit den weiteren Elementen im Schnitt dargestellt ist.

Das plättchenförmige schwenkbare Element 2 ist an

Torsionselementen 4 und 5 in Bezug auf das Grundelement 3 um eine geometrische Achse G schwenkbar gelagert ist, die sich im wesentlichen parallel zum Grundelement in Richtung der Torsionselemente erstreckt.

Die Schnittdarstellung gemäß Fig. 2 (entlang der strichpunktierten Linie A-A in Fig. 1) zeigt zwei jeweils in radialer Entfernung von der geometrischen Achse G an dem Grundelement 3 vorgesehen Elektroden 6 und 7, denen das schwenkbare Element benachbart gehalten ist. Ein elektrostatisches Feld zwischen den Elektroden 6 und 7 sowie dem schwenkbaren Element 2 bildet den Antrieb für dessen Drehbewegung.

Wie aus Fig. 2 weiterhin ersichtlich ist das an seiner den Elektroden 6 und 7 abgewandten Fläche mit einem reflektierenden Belag 8 versehene schwenkbare Element 2 bei Aufrechterhaltung seiner mechanischen Festigkeit in seiner Masse — und damit in seinem auf die geometrische Achse bezogenen Flächenträgheitsmoment — durch Ausnehmungen zwischen verbleibenden Stegen 9 verringert. Diese Ausnehmungen erstrecken sich in Richtung der größten Abmessungen des plättchenförmigen Elements. Ein ebener leitender Belag 10 ist den Elektroden 6 und 7 benachbart angeordnet und diesen gegenüber galvanisch getrennt. Der Belag 10 bildet mit den Elektroden 6 und 7 zusammen den elektrostatischen Antrieb. Das schwenkbare Element weist damit eine Sandwichstruktur auf, welche auch in der Weise abgewandelt sein kann, daß die stegartigen Bereiche 9 einschließlich der dazwischen befindlichen Ausnehmungen durch einen homogenen nichtleitenden Werkstoff geringen spezifischen Gewichts ersetzt ist, der Druck- und Scherkräfte ertragen kann, jedoch — im Gegensatz zu den Werkstoffen der Deckflächen des plättchenförmigen Elements — kaum Zugkräfte aufzunehmen braucht.

Die Ausnehmungen zwischen den Stegen 9 können eine geometrisch regelmäßige Struktur bilden, welche (in der Draufsicht) rechteck-, dreieck- oder rautenförmige Grundelemente aufweisen. Auch bei dieser Ausführung kann der elektrostatisch wirksame galvanisch leitende Kondensatorbelag an der den Elektroden zugewandten Seite in Form einer ebenen Folie erzeugt sein, welche zur Festigkeitserhöhung mit den stegartigen Bereichen verbunden — dazwischen aber freitragend ist. Zum anderen kann aber auch die strukturierte Oberfläche mit einer leitenden Schicht versehen sein, die sich dieser Oberfläche anpaßt — also beispielsweise durch Bedampfen oder eine ähnliche Oberflächenbehandlung entstanden ist.

Die tragende Struktur des Plättchens 2 besteht aus Keramik, Glas, Silizium oder einem sonstigen nichtleitenden Material, während die optisch wirksame reflektierende Oberfläche aus aufgedampftem Metall oder speziellen optischen Schichten besteht. Gegebenenfalls kann diese entsprechend den geforderten Eigenschaften zusätzlich bearbeitet sein und beispielsweise ein Linienraster aufweisen.

Dadurch, daß die Torsionselemente als Aufhängung des schwenkbaren Plättchens dessen einzige mechanische Unterstützung bilden, sind die erreichbaren Beschleunigungen und Verzögerungen wegen der entfallenden Reibkräfte weiter vergrößert. Schneidenlagerungen oder andere Auflagen entfallen, so daß mit der verringerten Masse des plättchenförmigen schwenkbaren Elements 2 auch dessen Reaktionskräfte in den Lagerungen verringert sind.

Die Torsionselemente 4 und 5, welche feine Torsionsfederstäbe bilden, greifen an diagonalen Ecken des qua-

dratischen oder auch rautenförmigen schwenkbaren Elements 2 an. Auf diese Weise bleibt die Größe der optisch wirksamen Fläche trotz stark verringerten Flächenträgheitsmoments im Vergleich zu einer Lagerung im Bereich der Seitenmitte erhalten.

Die wirksamen Oberflächen der Elektroden 6 und 7 sind so ausgerichtet, daß jeweils parallel zur ihnen benachbarten Oberfläche des schwenkbaren Elements 2 in seinen extremen Schwenkstellungen verlaufen. Damit ist die gesamte wirksame Oberfläche der Elektroden den entsprechenden Oberflächenbereichen des schwenkbaren Elements bei allen Positionen, die dieses einnehmen kann, und für alle wirksamen Oberflächenelemente in der Summe optimal dicht benachbart, so daß die Summe der wirksamen elektrostatischen Antriebskräfte maximiert ist. Hierzu sind die Oberflächen der Elektroden 6 und 7 — ausgehend von der geometrischen Drehachse des schwenkbaren Elements — in senkrechter Richtung dazu fortschreitend — rampenartig abfallend ausgebildet.

Wie insbesondere aus der schrägen perspektivischen Draufsicht gemäß Fig. 3 erkennbar ist, weist das Grundelement 3 einen Rahmen 1 auf, an dem dreieckförmige Stabilisierungselemente 11 und 12 vorgesehen sind, welche das jeweilige Torsionselement am Rahmen an quer zur Richtung des Schnittpunkts von geometrischer Drehachse des Torsionselements und Rahmen entfernt davon gelegenen Bereichen abstützen. An die Stelle der dreieckig geschlossenen Form kann auch eine gabelförmige Ausgestaltung treten.

Damit ist einerseits die geometrische Drehachse des plättchenförmigen Elements in horizontaler Richtung genügend fixiert, während — gegebenenfalls mittels weiterer Elektroden — eine zusätzliche Antriebskomponente in vertikaler Richtung oder eine Schwenkbewegung um eine weitere parallel zur größeren Flächenerstreckung des Plättchens und senkrecht zur ersten geometrischen Drehachse gerichteten Achse erfolgen kann. Dies hängt davon ab, ob die dreieckigen Stabilisierungselemente um eine parallel zum benachbarten Rahmenteil gerichtete Achse gleich- oder gegensinnig geschwenkt werden. Hierbei tritt dann eine entsprechende gleich- oder gegensinnige Hubbewegung an den den Torsionselementen 4 und 5 benachbarten Ecken der Stabilisierungselemente 11 und 12 auf. Die Stabilisierungselemente sind dazu gegebenenfalls scharnierartig um ihre parallel zum Rahmen 1 verlaufenden Seitenkanten beweglich, wobei diese Bewegung auch durch eine entsprechende Durchbiegung oder Wölbung der Flächen der Stabilisierungselemente 11 bzw. 12 erreicht werden kann.

Eine kontrollierte beschleunigte Einstellung der Winkelstellung des Plättchens 2 kann gegebenenfalls durch Feedback erreicht werden. Dazu wird ein auf die reflektierende Fläche fallender und von dieser reflektierter Referenzlichtstrahl auf eine Detektorfläche geleitet, welche einen oder mehrere lichtempfindliche Bereiche aufweist, welche ein Signal abgeben, das über das korrekte Auftreffen des Referenzstrahls auf die Detektorfläche Aufschluß gibt. Zum anderen besteht die Möglichkeit, die Kapazität zwischen den Elektroden als Regelgröße zu nutzen. Bei einer räumlichen Fehleinstellung läßt sich auf diese Weise ein Korrektursignal erzeugen, daß der Steuerspannung der Elektroden überlagert wird und die Neigung des Plättchens 2 entsprechend berichtigt. Durch eine entsprechende Regelverstärkung läßt sich bei einem nach der Erfindung ausgestalteten Anordnung auf diese Weise sowohl eine hohe

Einstellgeschwindigkeit als auch eine große Einstellgenauigkeit erzielen.

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf das vorstehend angegebene bevorzugte Ausführungsbeispiel. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, welche von der dargestellten Lösung auch bei grundsätzlich anders gearteten Ausführungen Gebrauch machen.

#### Patentansprüche

1. Ablenkeinheit mit einem plättchenförmigen schwenkbaren Element, zur gesteuerten Ablenkung von elektromagnetischen Wellen, insbesondere Lichtstrahlen, in mikrominiaturisierter Ausführung angeordnet auf einem ein Grundelement bildenden Substrat, wobei das schwenkbare Element an Torsionselementen in Bezug auf das Grundelement um eine geometrische Achse schwenkbar gelagert ist, die sich im wesentlichen parallel zum Grundelement erstreckt, mindestens zwei jeweils in radialer Entfernung von der geometrischen Achse an dem Grundelement vorgesehen Elektroden benachbart ist und ein elektrostatisches Feld zwischen Elektroden und schwenkbarem Element den Antrieb für dessen Drehbewegung bildet, an seiner den Elektroden abgewandten Oberfläche drehwinkelabhängig optisch wirksam ist, dadurch gekennzeichnet, daß das plättchenförmige schwenkbare Element bei im wesentlichen aufrechterhaltener mechanischer Festigkeit in seiner Masse — und damit in seinem auf die geometrische Achse bezogenen Flächenträgheitsmoment — verringert ist, wobei an seiner den Elektroden zugewandten Oberfläche Ausnehmungen zwischen verbleibenden stegartigen Bereichen vorgesehen sind, welche sich in Richtung der größten Abmessungen des plättchenförmigen Elements erstrecken und/oder das schwenkbare Element eine Sandwichstruktur aufweist.
2. Ablenkeinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege eine gleichmäßige Struktur bilden.
3. Ablenkeinheit nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege eine Rechteck-, Dreieck- oder Rautenstruktur bilden.
4. Ablenkeinheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das plättchenförmige Element an seiner den Elektroden benachbarten Seite metallisiert ist.
5. Ablenkeinheit nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallisierung Teil der Sandwichstruktur ist.
6. Ablenkeinheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern des plättchenförmigen Element aus Keramik, Glas, Silizium oder einem sonstigen nichtleitenden Material besteht.
7. Ablenkeinheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Torsionselemente die einzige mechanische Unterstützung des plättchenförmigen schwenkbaren Elements bilden.
8. Ablenkeinheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Torsionselemente an diagonalen Ecken des quadrati-

schen oder rautenförmigen schwenkbaren Elements angreifen.

9. Ablenkeinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Torsionselemente an einandergegenüberliegenden Bereichen des scheibenförmig runden oder ellipsoiden plättchenförmigen Elements angreifen. 5

10. Ablenkeinheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche der Elektroden jeweils parallel zur Oberfläche des schwenkbaren Elements in seinen extremen Schwenkstellungen ausgerichtet ist. 10

11. Ablenkeinheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Grundelement einen Rahmen aufweist, an dem Stabilisierungselemente vorgesehen sind, welche das jeweilige Torsionselement am Rahmen an quer zur Richtung des Schnittpunkts von geometrischer Drehachse des Torsionselements und Rahmen entfernt davon gelegenen Bereichen abstützen. 15 20

12. Ablenkeinheit nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Stabilisierungselemente gabelförmig oder dreieckförmig flächig ausgestaltet sind.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

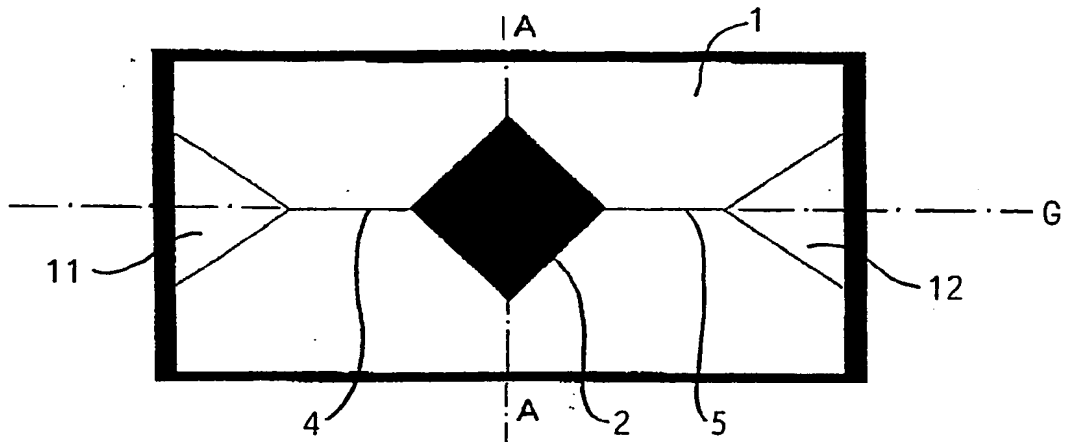


Fig. 1

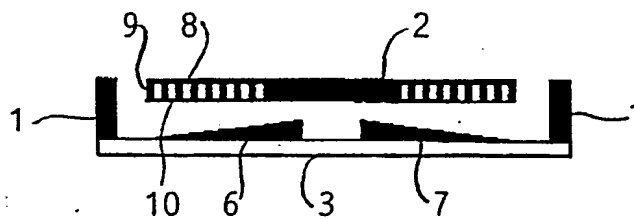


Fig. 2

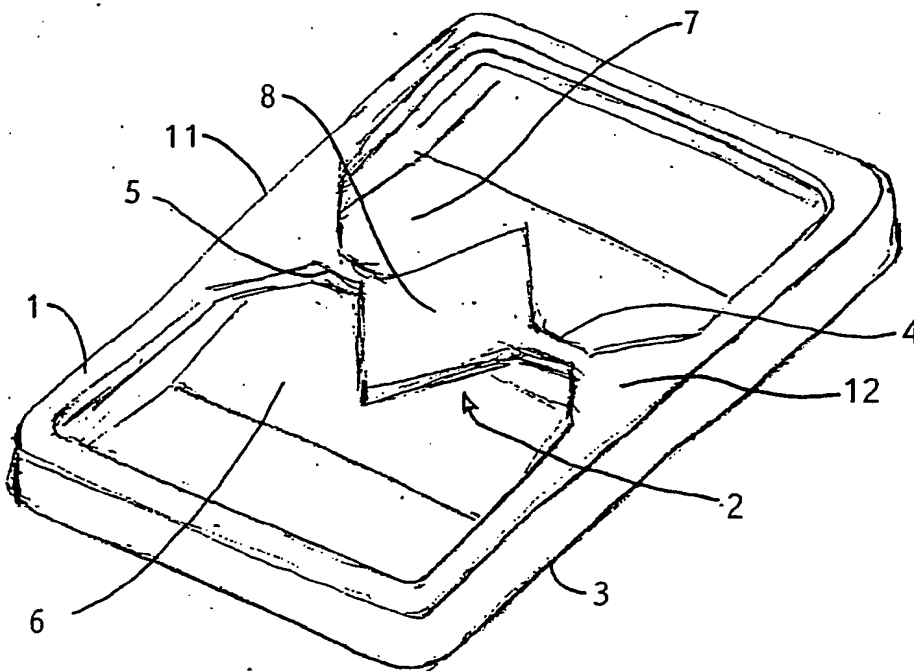


Fig. 3